

پمپ ها به جای توربین

مرجع کاربردی پمپ و پمپاژ



www.mashhadpump.com
www.mptoos.ir
<http://mashhadpump.blogfa.com>
Email: pump.mp@gmail.com

پمپ ها به عنوان توربین

هر کسی که برای دوره طولانی با پمپ ها کار عملی انجام داده باشد مطمئناً باید متوجه شده باشد که پمپ ها می توانند وارونه کار کنند، حتی تا جایی که اندازه حرکت خاص خود را ایجاد کنند. پس به روشنی پمپ ها می توانند برای ایجاد نیرو نیز به کار روند.

ولفگانگ گودر

اگر سیال پمپ شده- عمداً یا به صورت غیر عمد- شروع به جاری شدن به سمت عقب کند، یعنی از نازل تخلیه به نازل مکش، پروانه نیز شروع به حرکت در مسیر دیگر می کند. اگر انرژی فشار (ارتفاع فشار) به اندازه کافی بالا باشد تا بر گشتاور جدایش پروانه و محور غلبه نماید، آن گشتاور می تواند برای هدایت یک ژنراتور به کار رود. پمپ گشتاور را به محور می رساند. در این “ربع سوم” نمودار عملکرد (تصویر ۱)، تنها تفاوتی که این “پمپ به عنوان توربین” (PAT) با توربین های آبی “واقعی” دارد این است که معمولاً نمی توان انتظار داشت مثلاً به اندازه توربین فرانسس یا کاپلان پربازده باشد. تصویر ۲ نشان می دهد منحنی مشخصه برای عملیات به عنوان پمپ و توربین چه شکلی دارد. منحنی مشخصه “ $M = 0$ ” در واقع “منحنی بار صفر” را مشخص می کند که در آن هیچ گشتاوری به محور رسانده نمی شود. پمپ (توربین) بدون چرخ گذاری است. منحنی مشخصه “ $n = 0$ ” در واقع “منحنی حالت ثابت” را مشخص می کند. در اینجا، دستگاه در معرض جریان تقویت شده بدون چرخیدن محور است. عملیات “ترمال” توربین در جایی بین این منحنی روی می دهد. عملیات پمپ گریز از مرکز به این روش می تواند به چند دلیل روی داده باشد:

جریان معکوس غیرعمدی

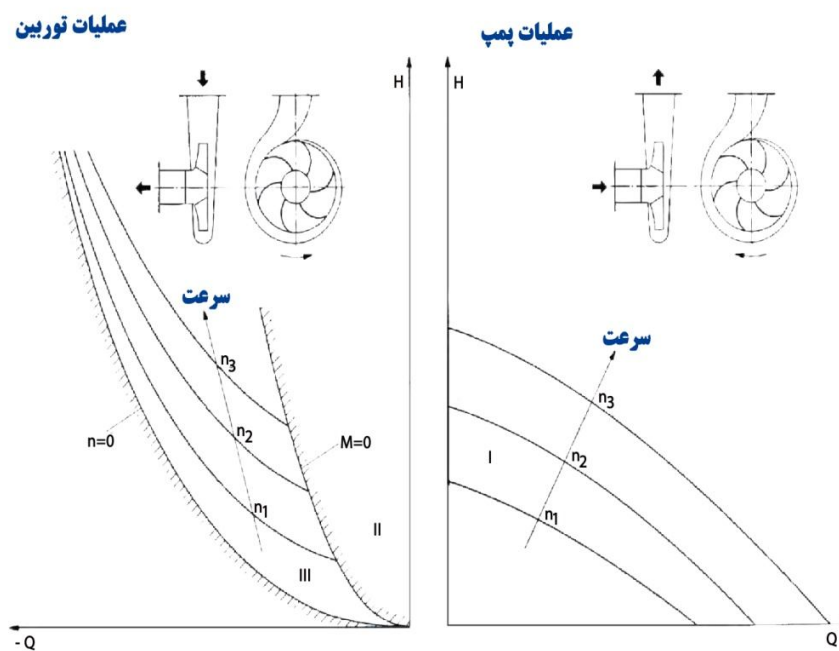
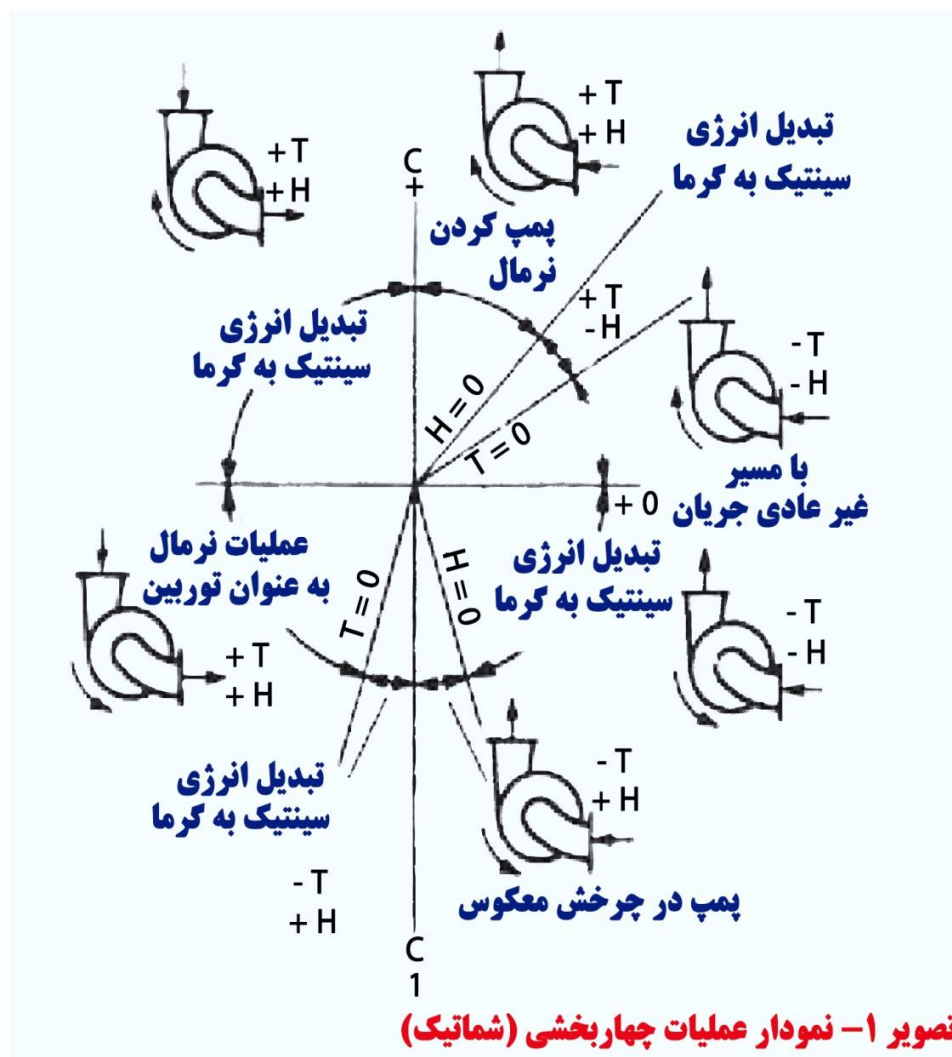
فرض: چندین پمپ به صورت موازی کار می کنند تا سیستم تخلیه جانبی داده شده را تامین منبع کنند وقتی که یکی از پمپ ها مثلاً به دلیل محور شکسته بین پمپ و موتور یا به دلیل قطع ناگهانی برق متوقف می شود. اگر سیستم هیچ قفل

حرکت معکوس یا دریچه غیربرگشتی نداشته باشد، سیال از طریق پمپ دارای نقص به سمت عقب جاری می شود. البته این موقعیت در واقع غیرعمدی است و باید در سیستم های در معرض این چنین ریسکی از آن پرهیز شود.

معکوس سازی عمدی جریان

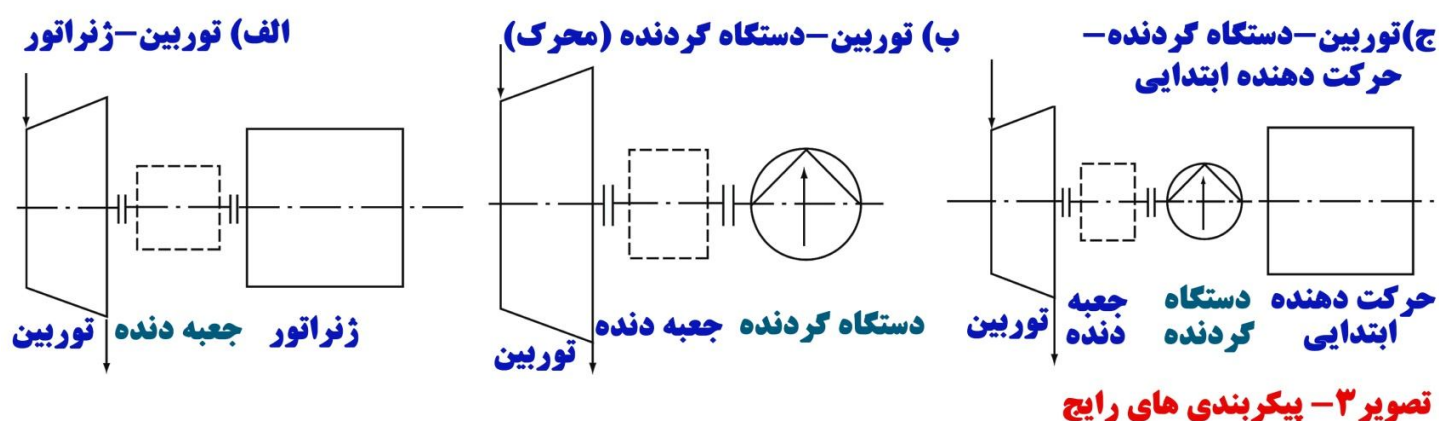
هرچند کاربردهایی وجود دارد که در آن پمپ ها برای سرویس دهی به عنوان توربین مورد نظر هستند. اغلب، “بازدهی” پیش بینی شده پتانسیل نیروی آبی داده شده بسیار پایین است تا هزینه خرید و نصب یک توربین آبی “واقعی” و بر این اساس گران را توجیه کند. در این مورد، پمپ های گریز از مرکز چرخش معکوس جایگزین خوبی هستند. با توجه به تولید بزرگ مقیاس، آن ها بسیار مقرون به صرفه هستند و این که بازدهی به نوعی کم جلوه تر آن ها می تواند در معامله پذیرفته شود. گشتاور محور را می توان به روش های مختلف به کار برد (تصویر ۳). رایج ترین چیدمان به کار گرفته شده وصل کردن PAT در ژنراتور، به صورت ذکر شده در بالا، است. در اینجا، فرکانس شبکه اصلی سرعت را تعیین می کند. برای مثال، ژنراتور سه فاز ۴ قطبی نیازمند این است که پمپ با سرعت دقیق ۱۵۰۰ دور در دقیقه بچرخد تا فرکانس ۵۰ هرتز را ایجاد نماید. اگر معکوس کننده های فرکانس و مدارهای تغذیه شبکه اصلی مناسبی وجود داشته باشد، PAT فضای بیشتری برای تغییر سرعت خواهد داشت. تجهیزات اضافی دیگر هزینه زیادی ندارند، و این کار پوشش محدوده باز گسترده تری را ممکن می کند. جایگزین دیگر اتصال مستقیم PAT به دستگاه گردنده بدون موتور یا ژنراتور برای تثبیت سرعت است. این نوع کاربرد در حال حاضر در اندونزی اجرا شده است.

Hydropower potential (پتانسیل نیروی آبی): نتیجه ارتفاع فشار × سرعت تخلیه (به صورت نسبی)

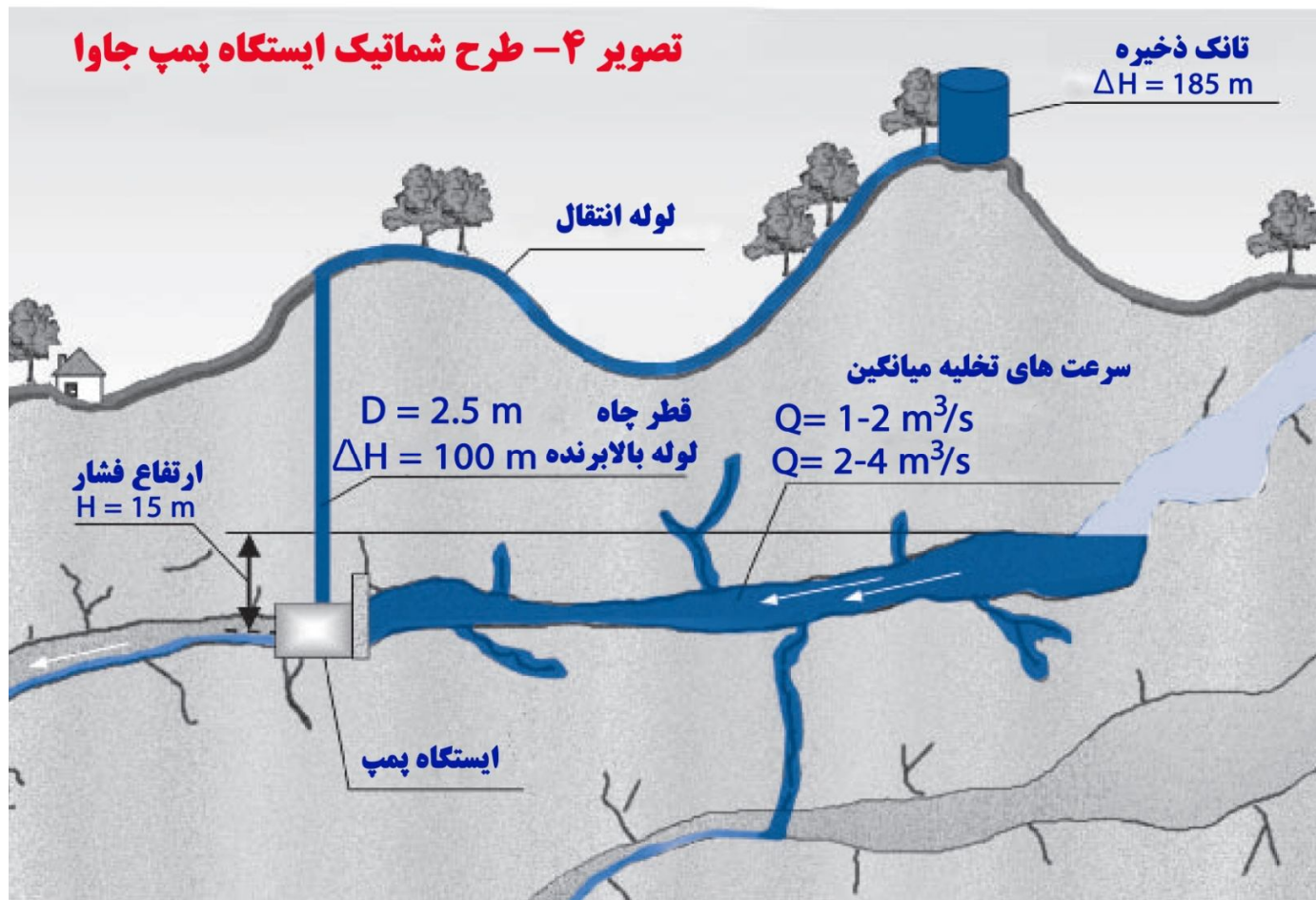


به کار گیری لایه های آبی آهکی زیرزمینی

جزیره اندونزیایی جاوا دارای سیستم بزرگ، بسیار منشعب کوه های آهکی زیرزمینی است. در حالی که نبود رواناب سطحی، مخصوصاً در طول فصول خشک، به معنای کمبود متناظر آب برای نوشیدن و سایر مقاصد است، آب در غارها فراوان است. هدف پروژه تحقیقی مشترک چند علمی حاضر به کارگیری اقتصادی این به اصطلاح “لایه های آب آهکی” است. برای انجام این کار، سیستم رودخانه زیرزمینی باید در نقطه مناسب- به صورت نشان داده شده در تصویر ۴- محصور شود. سپس می توان انرژی پتانسیل در دسترس را برای پمپ کردن بخشی از آب به تانک ذخیره مرتفع به کار برد. از آنجایی که “ایستگاه پمپ کردن” حدوداً ۱۰۰ متر زیر زمین قرار خواهد گرفت، و از آنجایی که تا برخی مراحل نهایی پروژه، به سیستم برق عمومی جاوا متصل نمی شود، منطقی است توربین هایی داشته باشیم تا پمپ های انتقالی را حرکت دهند. براساس تحلیل رایج، سیستم غارهای محلی ارتفاع فشار تقریباً ۱۵ متری دارد و سرعت تخلیه از ۱.۵ تا ۴.۰ متر مکعب در ثانیه تغییر می کند.



تصویر ۴- طرح شماتیک ایستگاه پمپ جاوا



تخمین “بازده آب”

برای کار مناسب واحد کامل، PAT و پمپ باید درانتهای محورهای خود “خروجی برابر” داشته باشند که در آن دو دستگاه به صورت محکم به وسیله کوپلینگ ها و ، در صورتی که این طور باشد، یک جعبه دنده به هم وصل می شوند. اگر PAT بسیار ضعیف باشد، پمپی که به آن متصل است نمی تواند ارتفاع فشار تخلیه پیش نیاز را ارائه دهد. اگر بسیار قدرتمند باشد، انرژی را هدر می دهد یا بار بیش از حدی به پمپ اعمال می کند. با نادیده گرفتن اتلاف ها در کوپلینگ ها و دنده ها برای اندازه حرکت، تعادل انرژی برابر می شود با:

$$P_{\text{توربین}} = P_{\text{پمپ}}$$

$$P_{\text{توربین}} = \rho \cdot g \cdot H_T \cdot Q_T \cdot \eta_T$$

$$P_{\text{پمپ}} = \rho \cdot g \cdot H_P / \eta_P \cdot Q_P \quad (1)$$

ارتفاع فشار توربین، H_I ، ۱۵ متر است و ارتفاع فشار تخلیه پمپ، H_P ، به صورت ۱۹۰ متر ارائه می شود (تصویر ۴). با فرض بازدهی توربین ابتدایی ۸۰ درصد و بازدهی پمپ ۷۵ درصد، پس هر ۱۰۰ مترمکعب/ثانیه جریان از میان توربین (سرعت تخلیه حداقل در طول فصل خشک) اجازه می دهد پمپ پرفشار محصولی پربازدهی بدهد:

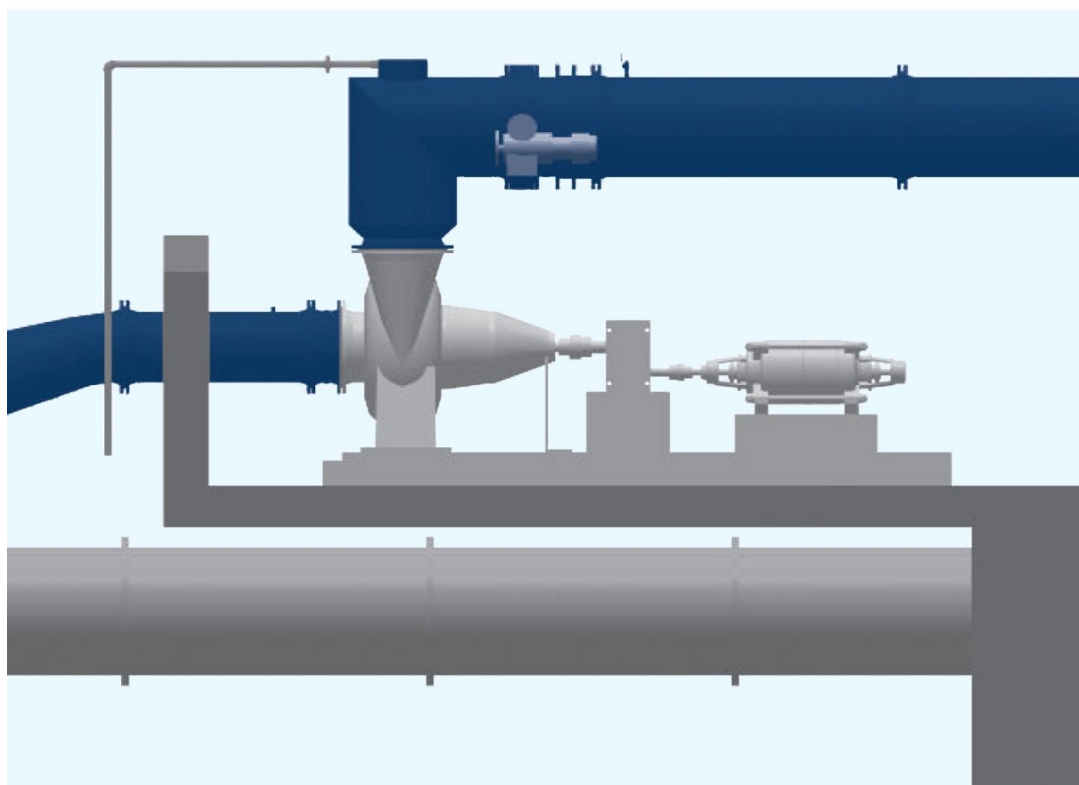
$$Q_P = 0.048 \text{ مترمکعب/ثانیه}$$

$$= 48 \text{ لیتر/ثانیه}$$

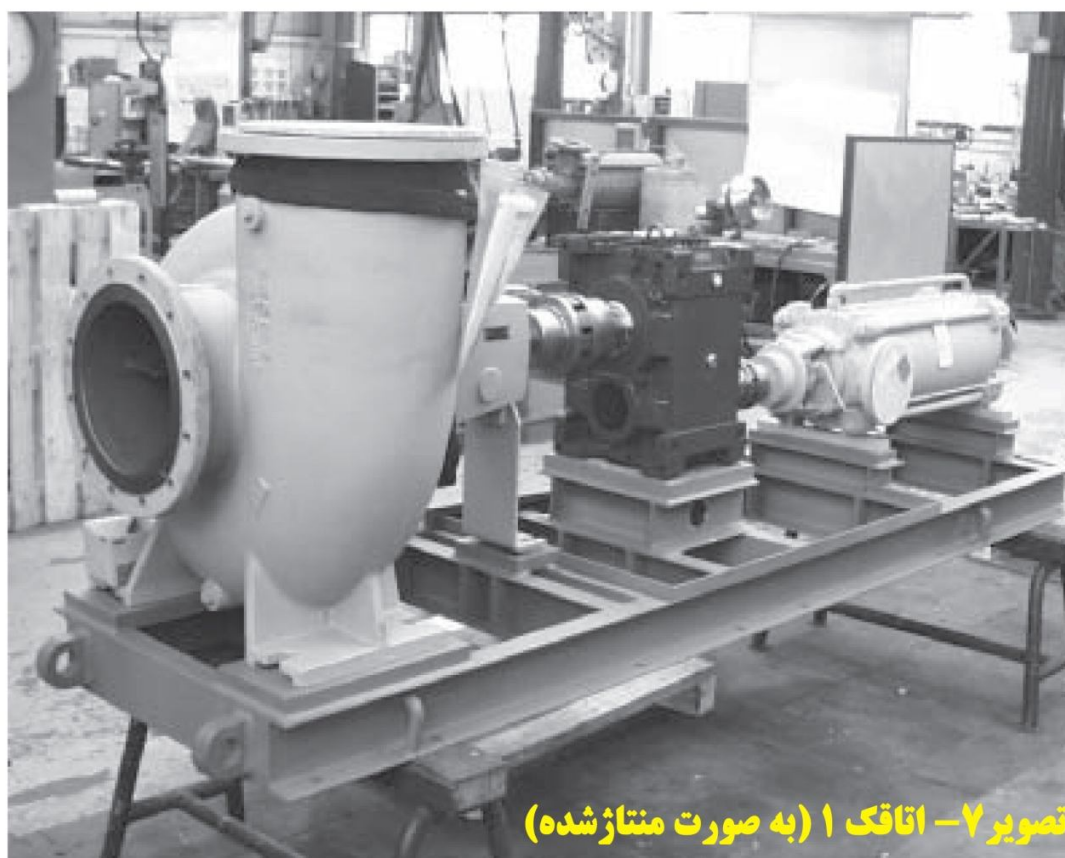
این به نظر زیاد نمی آید اما برای تهیه ۸۰ لیتر آب روزانه برای ناحیه با ۵۰۰۰۰ سکنه کافی خواهد بود. با در نظر گرفتن این که در دسترس بودن آب اغلب هر روز و برای هر نفر در طول فصل خشک، به زیر ۱۰ لیتر می افتد، این به صورت قیاسی عدد بزرگی است. به علاوه، آب غار تقریباً کیفیت آب آشامیدنی دارد و بنابراین، بسیار تمیزتر از رواناب سطحی است که در مخزن ها و حوضچه های باز جمع آوری می شود.

ایجاد “PAT/اتاقک پمپ”

برآورده سازی وظیفه حاضر نیازمند طراحی اتاقکی متشکل از PAT، یک جعبه دهنده و پمپ پرفشار روی پایه فولادی مشترک است (اتاقک ۱). یکی از شروط برجسته کلی پروژه این بود که فقط تکنولوژی “مناسب” در آن درگیر باشد. در زمینه اجزای منفرد، این یعنی فقط دستگاه های نوع استاندارد تایید شده را می توان به کار برد و برای انجام کار ترکیب کرد. بنابراین پمپ قاب حلزونی ETANORM تک مرحله ای (R 300-35) بزرگ با پروانه جریان ترکیبی به عنوان توربین عمل می کند. برای ارتفاع فشار ارائه شده ۱۵ متری، این واحد قوی می تواند تقریباً ۳۷۵ لیتر آب را در هر ثانیه “ببلعد”. پروانه (تصویر ۵) به صورت ویژه برای دارا بودن کیفیت برتر سطحی و پروفایل دهی مناسب لبه برجسته ماشین کاری شد و حالا پمپ بازدهی ۸۱ درصد را در عملیات توربین ارائه می دهد. این دستگاه می تواند نیروی محور تقریباً ۴۲ کیلوواتی را برای هدایت پمپ تحویل دهد. این دستگاه تقریباً ۱۲۰۰ دور در دقیقه می چرخد. با دیدگاهی برای محدودسازی اندازه پمپ پرفشار و تعداد مراحل پیش نیاز آن، جعبه دنده با نسبت انتقال ۱: ۱.۸۳ سرعت را تقریباً دو برابر می کند. پمپ مقطع حلقه ای چند مرحله ای (Multitec D 65/09, Hydr. 6.1) ارتفاع فشاری $H = 190$ متر را به دست می دهد. در نقطه کاری اسمی آن، پمپ با حدود ۲۲۰۰ دور در دقیقه کار می کند و تقریباً ۱۷ لیتر آب را در ثانیه به تانک مخزن مرتفع منتقل می کند. اجزای منفرد در تاسیسات تست فرانکتال (تصویر ۷)، به صورت منفرد و کاملاً مونتاژ شده برای استفاده مورد هدف، تحت تست کامل قرار گرفته اند (تصویر ۶). “اتاقک ۱” به سادگی به همه داده های عملکرد مشخص شده خود رسید. علیرغم نبود ژنراتور “پشتیبانی کننده سرعت”، اتاقک رفتار کاری قطعاً هموار و پایداری را در همه نقاط کاری داده شده نمایش می دهد. حتی با فرض این که مقداری به اندازه ارتفاع فشار محصور شده $H = 10$ متر در غار افراطی باشد، با این وجود اتاقک آب مفید را به سطح تحویل می دهد.



تصویر ۶- دید جانبی اتاقک ۳ (به صورت نصب شده در غار)



تصویر ۷- اتاقک ۱ (به صورت منتاژشده)

(حالت جزیره): در حالت جزیره، منبع شبکه سطح بالاتر برای پشتیبانی ژنراتور وجود ندارد. این یعنی کنترل های الکتروتنیکی ویژه ای برای تضمین این که فرکانس شبکه دقیقاً ۵۰ هرتز به دست می آید، لازم است.

دورنما

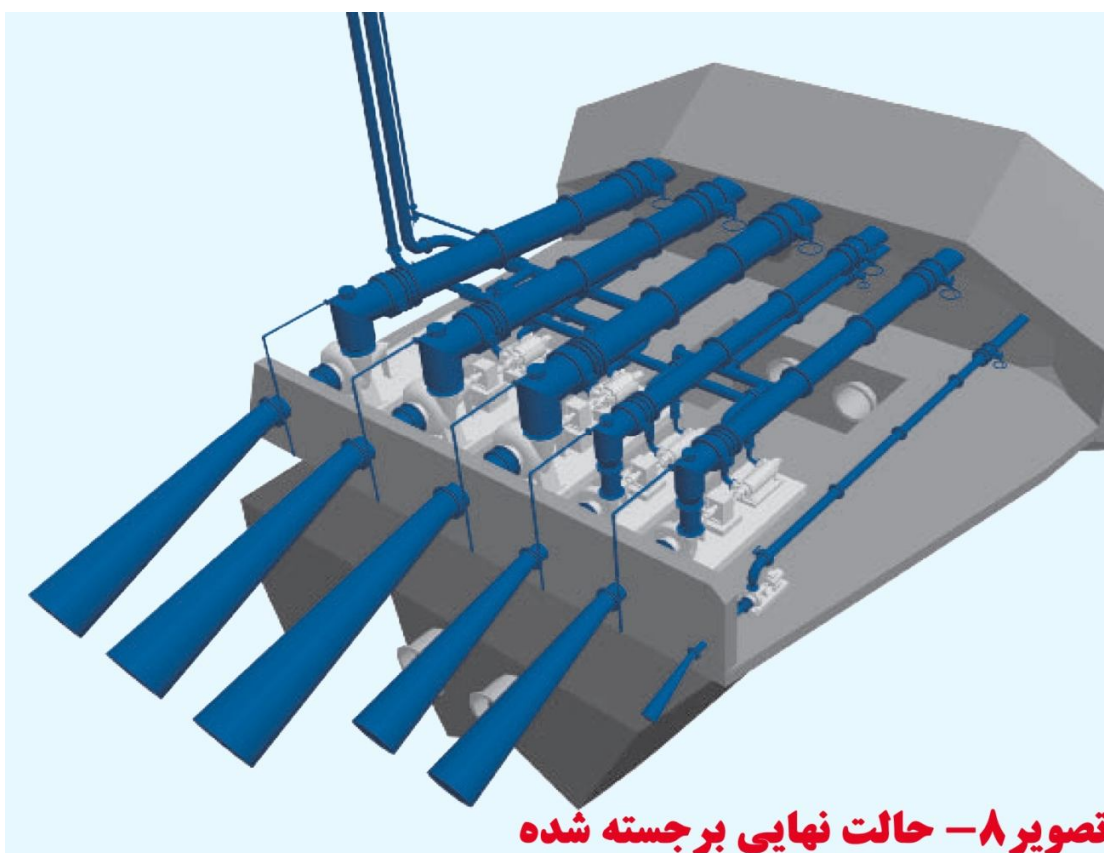
حتی در سرعت تخلیه کمینه حدود ۱۰۰ مترمکعب/ثانیه در طول فصل خشک، دو یا سه اتاقک شرح داده شده را می توان نصب کرد و جریان پایدار آب به تانک مرتفع را تهیه کرد. هرچند، به صورت میانگین منبع آب مفید سالانه به صورت قابل ملاحظه ای بالاتر خواهد بود. در نتیجه، اگرچه “ایستگاه پمپ” زیرزمینی هنوز در فاز طرح ریزی خود است، امکان توسعه بعدی آن فراهم گردیده است. اگر “اتاقک ۱” موفقیت آمیز باشد، می توان واحدهای کامل اضافی را در غار نصب کرد. آن ها از نظر هیدرولیکی مشابه اولین نوع اتاقک خواهند بود اما بر این اساس بزرگ هستند (“اتاقک ۳”). همان طور که در تصویر ۸ دیده می شود، سه اتاقک بزرگ برای فضای در دسترس طرح ریزی شده اند. دو تای آن ها برای راندن پمپ به کار خواهند رفت و سومی شاید برای ایجاد الکتریسیته به کار رود. به علاوه، “تولیدکننده نیروی خودزاینده” (“اتاقک ۲”) در اولین مرحله توسعه تولید می شود. این بخش با هدف راندن ژنراتور همزمان ۱۰ کیلو واتی حالت جزیره ساخته شده است.

نبود پره های هدایت قابل تنظیم

یک اشکال اساسی استفاده از پمپ ها به عنوان توربین این است که، برخلاف توربین آبی فرانسویس یا کاپلان- هیچ پره هدایت قابل تنظیمی برای سازگاری با نوسان ها در منبع آن ندارند. هرچند این مشکل با به کارگیری تعدادی از واحدهای با اندازه مختلف تقلیل یافته است. با تلاش کنترلی حداقل، اقتصادی ترین تعداد اتاقک ها را می توان در حالت عملیاتی نگه داشت تا با اندازه حرکت منبع آب مطابق باشد. در ترکیب با استفاده از پمپ های قوی که خود را در تعداد زیاد ثابت کرده اند، این کار راه حل تکنیکی را به دست می دهد که کاملاً برای هر دو کار مورد نظر و شرایط مرزی محلی “مناسب” است.

خلاصه

گاهی اوقات، مخصوصاً در رابطه با فرم های جایگزین تولید نیرو، افراد تمایل به استفاده از پمپ های گریز از مرکز “ترمال” به عنوان توربین را نشان می دهند. در واقع، این حقیقت که آن ها بسیار ارزان تر از توربین های آبی واقعی هستند این چنین ملاحظات را منطقی می کند. نبود پره های هدایت قابل تنظیم، سازگاری پمپ های فعال با سرعت تغذیه نوسانی را دشوار می کند. این پروژه اندونزیایی آن مشکل را با توزیع جریان حجمی کل در سراسر پنج واحد در چینش تعویض آبشاری حل کرد. در حالی که این کار مزیت هزینه رویکرد “PAT” را در برابر استفاده از یک توربین منفرد از بین نمی برد، علیرغم این هنوز از نظر تکنولوژی مناسب مفید است. استفاده و نگهداری از پمپ ها بسیار ساده تر از توربین های “واقعی” است.

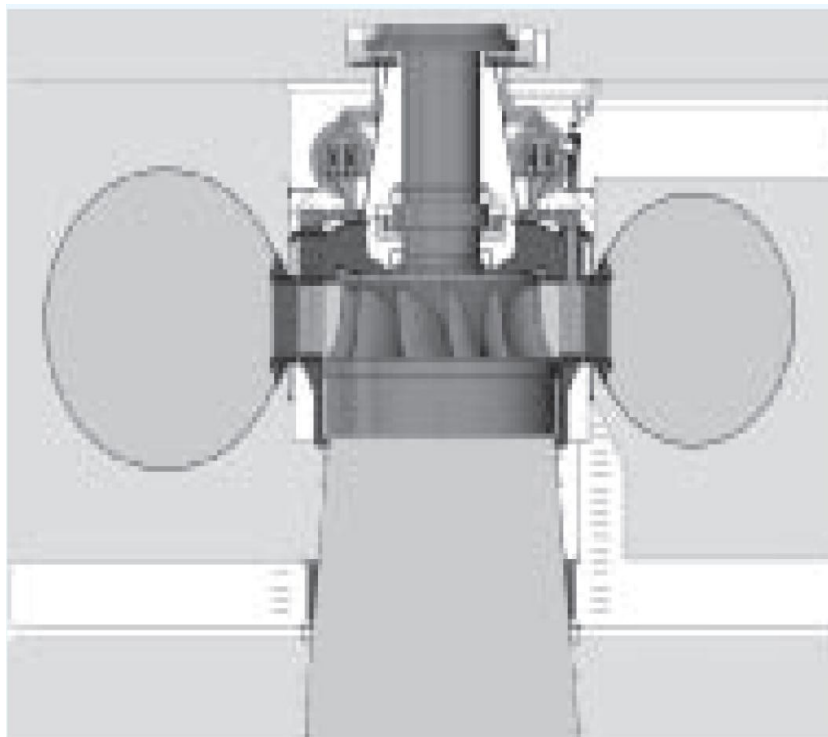


تصویر ۸- حالت نهایی برجسته شده

توربین فرانسسیس:

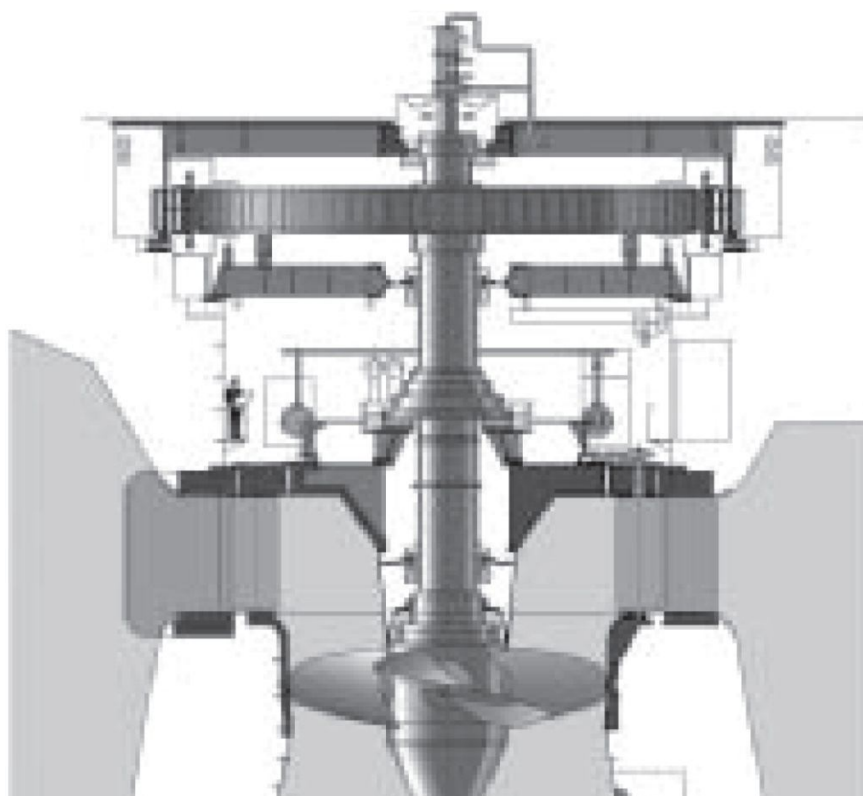
توربین فرانسسیس، که در ۱۸۴۹ توسط مهندس انگلیسی-آمریکایی به نام جیمز بی. فرانسسیس اختراع شد، پرکاربردترین نوع توربین در سراسر دنیا است. آب جاری در سراسر رینگ پره هدایتی با تیغه گذاری قابل تنظیم از تیغه های منحنی گردنده

به صورت سه بعدی تجاوز می کند. معمولاً، منبع آب از میان قاب حلزونی عبور می کند و “لوله مکش” در پایین دست گردنده قرار می گیرد. به عنوان یک قانون، این توربین ها برای ارتفاع فشاری تا ۵۰۰ متر به کار می روند.



توربین کاپلان:

اختراع شده در ۱۹۱۳ توسط مهندس اتریشی ویکتور کاپلان، توربین کاپلان گردنده ای با تیغه های قابل تنظیم، بسیار شبیه ملخ قایق، دارد که در آب مستغرق شده و یک ژنراتور را به حرکت در می آورد. پره های راهنمای ثابت قابل تنظیم تضمین می کند که آب همیشه در زاویه بهینه با تیغه های چرخشی گردنده برخورد می کند. از آنجایی که تیغه های متحرک قابل تنظیم هستند، دو روش برای تنظیم توربین های کاپلان وجود دارد تا بتواند بهتر با جریان داده شده آب و ارتفاع فشار مطابقت یابد. توربین های کاپلان مخصوصاً برای نصب در رودخانه ها با جریان حجمی بالا اما ارتفاع فشاری کم مناسب هستند. توربین های کاپلان چیده شده به صورت عمودی در تاسیسات نیروی آبی با ارتفاع فشار تا ۶۵ متر کار می کنند.

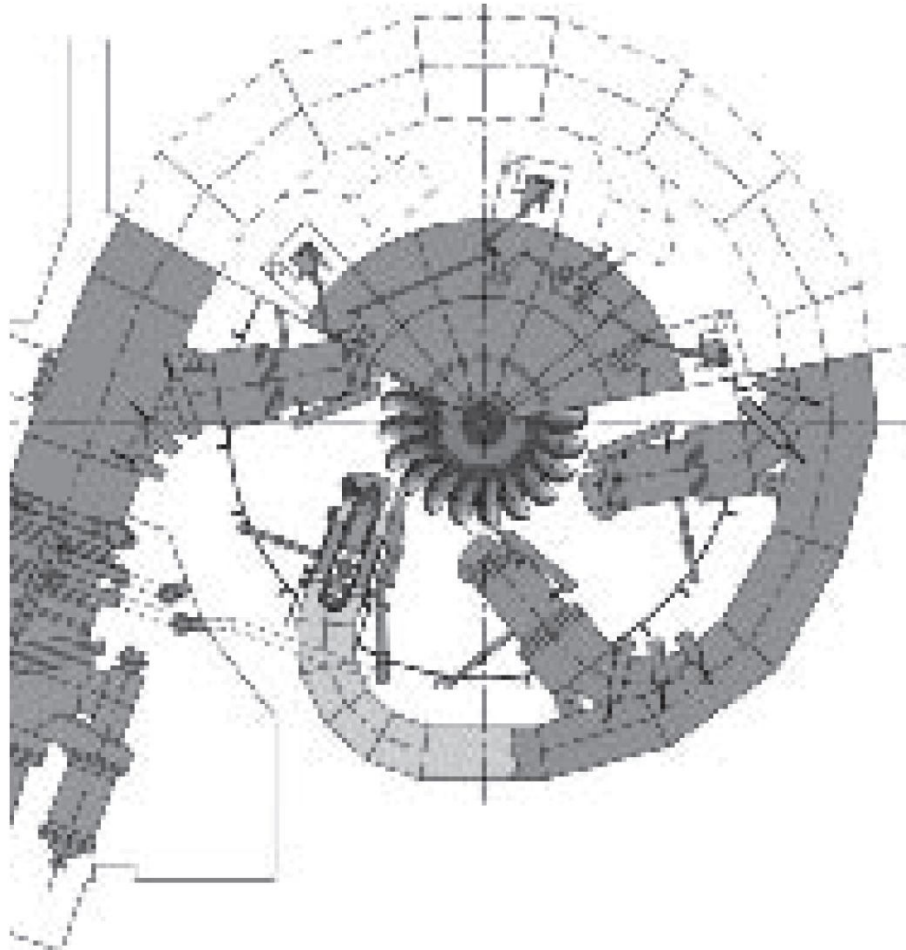


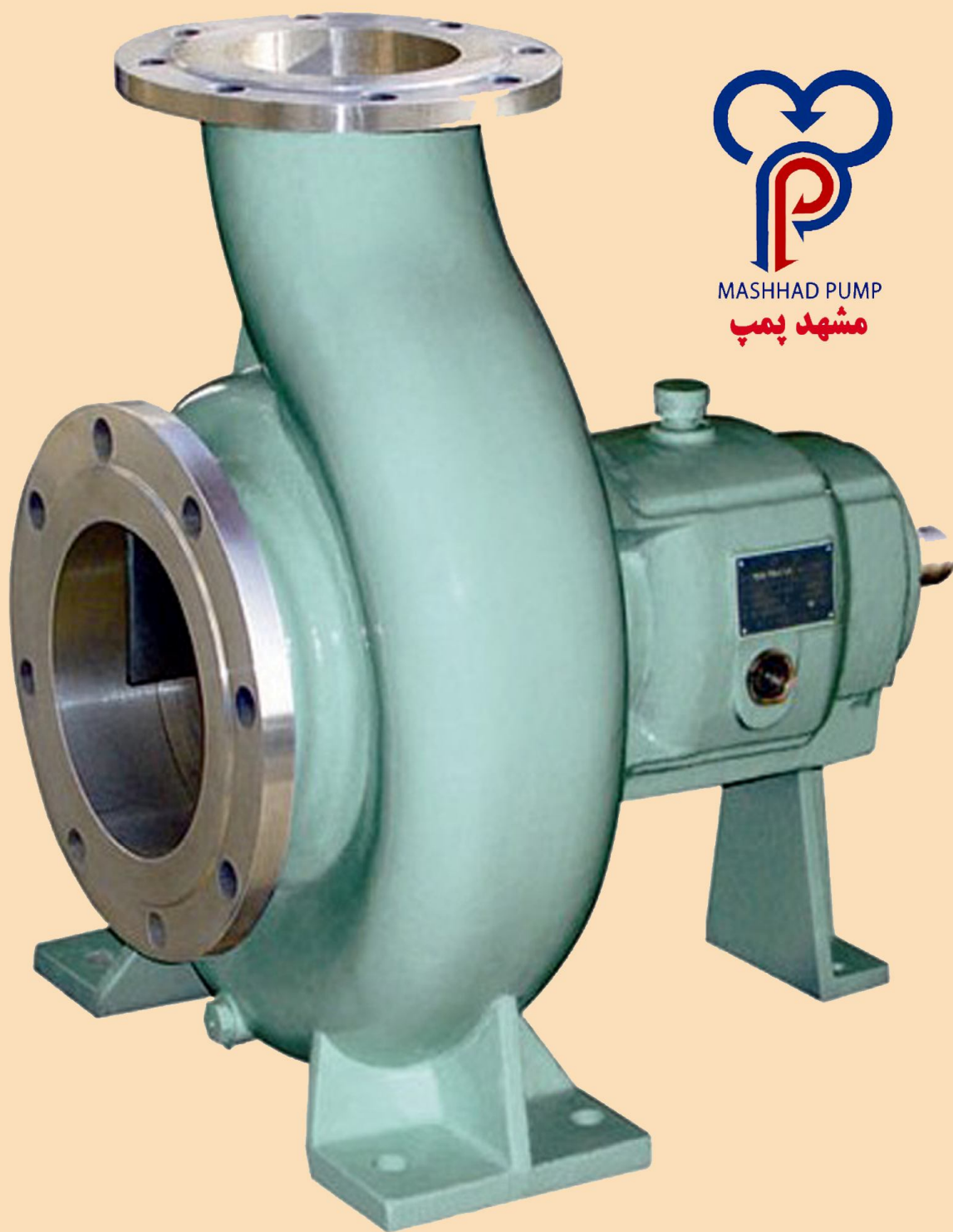
توربین پلتون:

در ۱۸۷۹، مهندس آمریکایی به نام لستر پلتون، نوع جدیدی از توربین به اصطلاح ضربانی را طراحی کرد که از انرژی سینتیک آب محصور شده استفاده می کرد. در این توربین آبی مناسب نامگذاری شده به اسم پلتون، آب پرسرعت از یک نازل یا بیشتر از جام های منحنی گردنده بیرون می ریزد. درست قبل از ترک نازل، فشار آب در فشار نرمال اتمسفر است. به بیان دیگر، نازل انرژی پتانسیل آب تحت فشار را کاملاً به انرژی سینتیک تبدیل می کند. وقتی فشار آب به گردنده برخورد می کند تغییر نمی کند، بنابراین توربین های پلتون توربین های ضربانی واقعی هستند.

هر تیغه، که تا ۴۰ تا هستند، متشکل از دو نیم تیغه به نام “جام” هستند. فشار آب پدیدار شده از نازل به صورت مماسی در مرکز هر جام اثر می گذارد، بنابراین انرژی سینتیک را با نیروی تبادل حرکت آبی به گردنده جام میله ای می فرستد. جام ها آب را وادار می کند در مسیر معکوس جریان خود جاری شود. براساس مدل ویژه و ارتفاع فشار داده شده، توربین پلتون رایج هر مقداری از ۲۰ تا ۸۰۰۰ لیتر آب را در یک ثانیه “مصرف می کند”. سرعت چرخش آن می تواند به ۳۰۰۰ دور در دقیقه برسد و برای ارتفاع فشار ۱۰۰۰ متر، فشار آب می تواند سرعت تقریباً ۵۰۰ کیلومتر/ساعت را داشته باشد. بازدهی

توربین ۸۵ تا ۹۰ درصد تحت شرایط بار جزئی نیز تقریباً خوب باقی می ماند. توربین های پلتون اساساً در تاسیسات نیروی آبی با ارتفاع فشار تا ۲۰۰۰ متر و سرعت جریان حجمی پایین کار می کنند.





آدرس کارخانه : مشهد- کیلومتر ۵ بزرگراه آسیایی- کدپستی ۰۲۸ تلفن : ۰۵۱-۳۶۵۱۶۶۱۶